УДК 517.445

ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ ВИЭ МЕТОДОМ БОКСА

OPTIMIZATION OF MANAGEMENT SOLUTIONS FOR THE ENERGY RES COMPLEX BY BOX METHOD

Геворгян А. Г., Велькин В. И.
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, gghayk@gmail.com

Gevorgyan H. G., Velkin V. I.
Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: В данной работе рассмотрено использование математического метода Бокса в оптимизации решений управленческо-экономических задач для энергетических комплексов разных назначений, в том числе и для возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Достоинствами комплексного метода Бокса являются его удобство для программирования, простота, надежность в работе. Метод на каждом шаге использует информацию только о значениях целевой функции и функций ограничений задачи.

Abstract: In this paper, we consider the use of the method of Box for optimization of management decisions and economic problems of energy systems of different types. Advantages of the complex method of Box is its ease of programming, simplicity, reliability. Method at each step uses only values of the objective function and the functions of the problem constraints.

Ключевые слова: *математическое моделирование; программное обеспечение; оптимизация энергетического комплекса; метод Бокса.*

Key words: *mathematical modeling; software; optimization of the energy complex; Box method.*

Одной из важнейших задач управления предприятием, в том числе и энергетического, является экономическое планирование. Эффективное прогнозирование даже в условиях кризиса или внешних санкций позволяет повысить финансовую устойчивость, производительность, рентабельность и другие показатели энергетического комплекса.

Одним из способов решения управленческих задач является оптимизация. Для принятия решения о внедрении возобновляемых источников энергии (ВИЭ) вырабатываются критерии оценки того или иного решения, которое необходимо максимизировать (например, прибыль) или минимизировать (например, себестоимость выработки энергии). При этом на решения могут накладываться различные ограничения (ресурсные, минимальный уровень запасов, максимальная пропускная способность и т. п.).

Многие управленческо-экономические задачи (например, эффективность внедрения ВИЭ на удаленных территориях) можно представить в виде системы уравнений линейного и нелинейного программирования [1].

Для того чтобы руководитель или управляющий аппарат (в технологическом процессе) могли наиболее полно учитывать характеристики всей системы, необходима разработка определенного инструментария. Таковым может служить математическое моделирование [2].

Так, оптимизационная задача энергетического предприятия, использующего ВИЭ, может состоять в следующем: требуется получить наибольшее количество электроэнергии от дизель-ветро-солнечной электрической станции, учитывая стохастические характеристики ветрового потока, приход солнечной энергии, широту и климат географической территории. Математическая модель такого комплекса – задача математического программирования (планирования): здесь требуется найти глобальный максимум (в некоторых задачах – минимум) значение которого является целевой функцией от нескольких переменных, удовлетворяющих многокомпонентной системе ограничений.

В данной работе представлен метод Бокса для решения задач математической оптимизации управления энергетическим комплексом.

Этот метод представляет собой модификацию метода деформируемого многогранника и предназначен для решения задач нелинейного программирования с ограничениями-неравенствами [3]. Для минимизации функции n переменных $f(x)$ в n-мерном пространстве строят многогранники, содержащие $q > n+1$ вершин (рисунок).

Введем следующие обозначения:

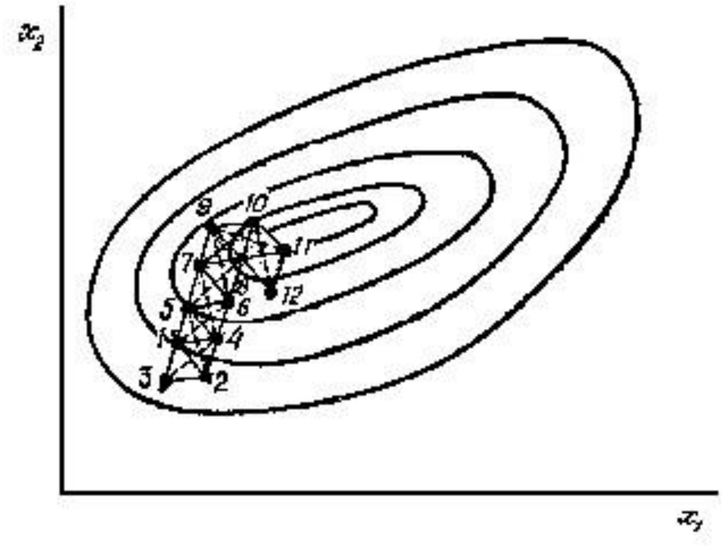
$$x[j, k] = (x_1[j, k], \ldots, x_i[j, k], \ldots, x_n[j, k])^T, \tag{1}$$

где $j = 1, \ldots, q$; $k = 0, 1, 2, \ldots$ – j-я вершина комплекса на k-м этапе поиска; $x[h, k]$ – вершина, в которой значение целевой функции максимально, т. е. $f(x[h, k]) = max\{f(x[1, k]), \ldots, f(x[q, k])\}$; $x[h, k]$ – центр тяжести всех вершин, за исключением $x[h, k]$. Координаты центра тяжести вычисляются по формуле:

$$x_i[l, k] = \frac{1}{q}\left(\sum_{j=1}^{q} x_i[j, k] - x_i[h, k]\right), \quad i = 1, \ldots, n.$$

Алгоритм решения состоит в следующем. Первой вершиной выбирается некоторая допустимая точка $x[1,0]$. Координаты остальных (q-1) вершин комплекса определяются соотношением

$$x_j[j, 0] = a_i + r_i(b_i - a_i),\ i = 1, \ldots, n;\ j = 2, \ldots, q. \tag{2}$$



Интерпретация метода Бокса для решения оптимизационных задач

Полученные точки удовлетворяют ограничениям $a \le x \le b$, однако ограничения $h_j(x) \le 0$ могут быть нарушены, тогда недопустимая точка заменяется новой, лежащей в середине отрезка, соединяющего эту точку с центром тяжести выбранных допустимых вершин. Операция повторяется до тех пор, пока не будут выполнены все ограничения задачи. Далее, на каждой итерации заменяется вершина $x[h, k]$, в которой целевая функция имеет наибольшую величину. Для этого $x[h, k]$ отражается относительно центра тяжести $x[l, k]$ остальных вершин комплекса. Точка $x[p, k]$, заменяющая вершину $x[h, k]$, определяется по формуле:

$$x[p, k] = (a+1)x[l, k] + ax[h, k], \qquad (3)$$

где $a > 0$ – некоторая константа, называемая *коэффициентом отражения.*

Если $f(x[p, k]) > f(x[h, k])$, то новая вершина оказывается худшей и коэффициент a уменьшается в 2 раза.

Если в результате отражения нарушается какое-либо из ограничений, то эта переменная возвращается внутрь нарушенного ограничения.

Если при отражении нарушаются ограничения $h_j(x) < 0$. то коэффициент a каждый раз уменьшается вдвое, пока точка $x[p, k]$ не станет допустимой.

Вычисления заканчиваются, если значения целевой функции мало меняются в течение пяти последовательных итераций:

$$|f(x[l, k+1]) – f(x\ [l, k])| \le e, \quad k = 1, ..., 5, \qquad (4)$$

где e – заданная константа. В этом случае центр тяжести комплекса считают решением задачи нелинейного программирования [4].

Достоинствами комплексного метода Бокса являются его удобство для программирования, простота, надежность в работе. Метод на каждом шаге использует информацию только о значениях целевой функции и функций ограничений задачи. Все это обусловливает успешное применение его для решения различных задач нелинейного программирования.

Список использованных источников

1. Vel'kin V. I., Loginov M. I., Chernobai E. V. Development of the mathematical model and software to compute the RES cluster // Advances in Mathematics. 2013. Т. 1. С. 66.

2. Методы Оптимизации; вводный курс / Банди Б. М. : Радио и Связь, 1988. 129 с.

3. Принятие управленческого решения / Н. Л. Карнадская. М. : ЮНИТИ, 1999. С. 148–187.

4. Выработка и принятие управленческих решений / Л. Планкетт. М. : ПРИОР, 1998. С. 202–256.

УДК 621.577

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

THE USE OF HEAT PUMPS IN HEATING AND HOT WATER SUPPLY SYSTEMS

Герасимов А. П.
Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск,
entuziazm74@gmail.com

Gerasimov A. P.
South Ural State University, Chelyabinsk

Аннотация: В работе рассмотрена система отопления индивидуального дома, затронуты вопросы применения тепловых насосов и аккумулирования тепла.

Abstract: The article considers the heating system of a detached house, discussed issues of applying the heat pumps and heat accumulation.

Ключевые слова: *системы отопления; применение тепловых насосов; аккумулирование тепла.*

Key words: *heating systems; applying the heat pumps; heat accumulation.*